

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-180170

(43)Date of publication of application : 30.06.2000

(51)Int.Cl.

G01C 17/02

G01R 33/02

(21)Application number : 10-376036

(71)Applicant : TOKIN CORP

(22)Date of filing : 18.12.1998

(72)Inventor : ABE SAKAE

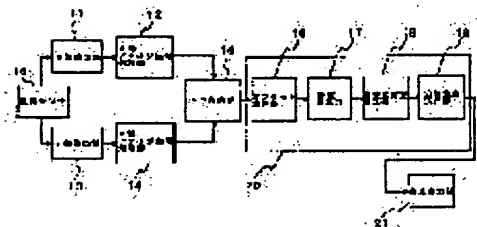
(54) EARTH MAGNETISM DETECTING DEVICE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To enable precise detection and correction of azimuth in a short time with high reproducibility only by operating process without depending on mechanical correction by selecting a plurality of formulas and performing squareness correction of a magnetic sensor.

SOLUTION: A magnetic sensor 10 is constituted of an X axis detection part 11 and a Y axis detection part 13, and detects earth magnetism by dividing it into two-axis orthogonal components. Analog signals processed by analog signal processing parts 12, 14 of X axis and Y axis are converted to digital data by an AD converting part 15. The converted two-axis orthogonal components operation-correct magnetic offset around the magnetic sensor 10, in an offset operating part 16.

When the maximum output values of the X axis detection part 11 is A1, and the output value of the detection part 11 at a point rotated 90 degrees from the position where the Y axis detection part 13 is zero is A2, correction is judged as follows. When A2 is very small, correction is unnecessary. When A2 is positive, correction is performed by using a formula I. When A2 is negative, correction is performed by using a formula II.



X (補正) = $X_n \times X$ (感度) - X (オフセット)

Y (補正) = $Y_n \times Y$ (感度) - Y (オフセット)

II.

LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

THIS PAGE BLANK

THIS PAGE BLANK (USPTO)

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-180170

(P 2 0 0 0 - 1 8 0 1 7 0 A)

(43) 公開日 平成12年6月30日(2000.6.30)

(51) Int. Cl. ⁷

識別記号

F I

テ-マコ-ト (参考)

G01C 17/02

G01C 17/02

2G017

G01R 33/02

G01R 33/02

L

審査請求 未請求 請求項の数 5 F D (全8頁)

(21) 出願番号 特願平10-376036

(22) 出願日 平成10年12月18日(1998.12.18)

(71) 出願人 000134257

株式会社トーキン

宮城県仙台市太白区郡山6丁目7番1号

(72) 発明者 阿部 栄

宮城県仙台市太白区郡山6丁目7番1号

株式会社トーキン内

Fターム(参考) 2G017 AA03 AA16 AB09 AD04 BA14

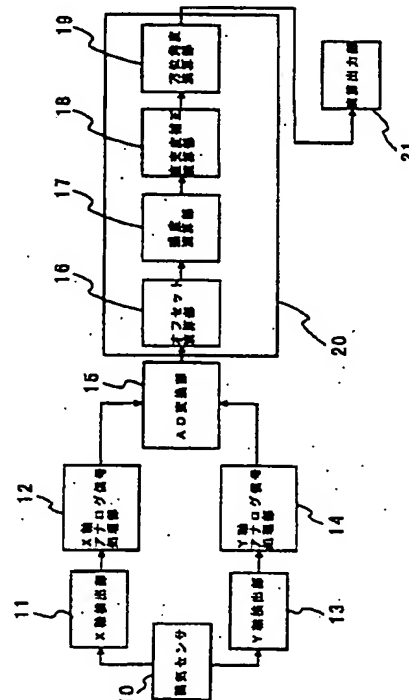
BA15

(54) 【発明の名称】 地磁気検出装置

(57) 【要約】

【課題】 機械的な補正に頼ることなく演算処理のみで精度の高い方位の検出および補正を、短時間で、再現性良く実現する地磁気検出装置を得る。

【解決手段】 地磁気を検出する磁気センサを直交2軸以上有するセンサ部と該センサ部のアナログ出力信号をデジタル信号へ変換するAD変換部15と、前記デジタル信号を処理する補正演算部20とで構成される地磁気検出装置において、X軸検出部の最大出力値をA1とし、Y軸検出部の出力値が零の位置から90度回転した点のX軸検出部の出力値をA2とし、さらに磁気センサの検出範囲を90度毎に4ブロックに分割し、Y軸検出部の出力値が零の位置から90度回転した点のX軸検出部の出力値が、+側である場合、-側である場合、また微小である場合に分類して、第1の補正式、あるいは、第2の補正式を用いて演算処理し、磁気センサの直交度補正を行う地磁気検出装置とする。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 地磁気を検出する磁気センサを直交2軸以上有するセンサ部と、該センサ部のアナログ出力信号をデジタル信号へ変換するAD変換部と、前記デジタル信号を処理する補正演算部とで構成される地磁気検出装置において、X軸検出部の最大出力電圧値をA1とし、Y軸検出部の出力値が零の位置から90度回転した点のX軸検出部の出力電圧値をA2とし、さらに磁気センサの検出範囲を90度毎に4ブロックに分割し、かつ、前記出力電圧値A2が、+側である場合、-側である場合、また微少である場合に分類し、各場合に対応して、第1の補正式、第2の補正式、あるいは、補正なしを選択し、補正パラメータ $Z = A1 / [A1 - ABS(A2)]$ として、前記第1の補正式は、X軸検出部の実測出力電圧がA3の場合にて、 $[ABS(A3) - ABS(A2)] \times Z$ として、X軸検出部の補正後の出力電圧とし、第2の補正式は、 $[ABS(A3) + ABS(A2)] \times (1/Z)$ として、X軸検出部の補正後の出力電圧とし磁気センサの直交度補正を行うことを特徴とする地磁気検出装置。

【請求項2】 請求項1記載の地磁気検出装置において、Y軸検出部の最大出力値をB1とし、X軸検出部の出力値が零の位置から90度回転した点のY軸検出部の出力値をB2とし、さらに、磁気センサの検出範囲を90度毎に4ブロックに分割し、X軸検出部の出力値が零の位置から90度回転した点のY軸検出部の出力値が、+側である場合、-側である場合、また、微少である場合に分類し、各場合に応じて、第3の補正式、第4の補正式、あるいは、補正なしを選択し、補正パラメータ $Z' = B1 / [B1 - ABS(B2)]$ として、前記第3の補正式は、Y軸検出部の実測出力電圧がB3の場合、 $[ABS(B3) - ABS(B2)] \times Z'$ としてY軸検出部の補正後の出力電圧とし、第4の補正式は、 $[ABS(B3) + ABS(B2)] \times (1/Z')$ として演算処理してY軸検出部の補正後の出力電圧として磁気センサの直交度補正を行うことを特徴とする地磁気検出装置。

【請求項3】 請求項1または請求項2記載の地磁気検出装置において、アナログデータあるいはデジタルデータを送るためのインターフェースを含んだことを特徴とする伝送経路を持つ地磁気検出装置。

【請求項4】 請求項1ないし3のいずれかに記載の地磁気検出装置の演算処理手段において、磁気センサの検出感度差を補正するために感度補正演算を用い、磁気センサの感度差を補正する処理を加えたことを特徴とする地磁気検出装置。

【請求項5】 請求項1ないし4のいずれかに記載の地磁気検出装置の演算処理手段において、磁気センサの検出オフセットを補正するためにオフセット補正演算を用い、磁気センサのオフセットを補正する処理を加えたこ

とを特徴とする地磁気検出装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、地磁気を検出して、方位を決定する地磁気検出装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】従来、この種の補正方法として、直交した磁気センサの検出部分を機械的にトリミングし、直交度を補正する手段が用いられている。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】従来技術は、直交した磁気センサの検出部分を機械的にトリミングする、あるいは、回路のポリウムをトリミングして直交度を調整していた。そのため、補正に要する時間がかかり、又、補正状態の再現性が完全でなく、精度が高い方位を検出できない課題があった。

【0004】上記のような問題を解決するために、本発明では、機械的な補正に頼ることなく、演算処理のみで、精度の高い方位の検出および補正を、短時間、再現性良く実現することを目的とする。

【0005】従って、本発明の課題は、機械的なトリミング等の調整に頼ることなく、演算処理のみで精度の高い方位の検出および補正を、短時間、再現性良く実現する地磁気検出装置を提供することである。

【0006】

【課題を解決するための手段】本発明は、回路の演算処理のみで直交度補正が行う地磁気検出装置を提供するものであり、磁気センサにトリミング等の機械的な調整機構を設けることを不要とする。

【0007】即ち、本発明は、地磁気を検出する磁気センサを直交2軸以上有するセンサ部と、該センサ部のアナログ出力信号をデジタル信号へ変換するAD変換部と、前記デジタル信号を処理する補正演算部とで構成される地磁気検出装置において、X軸検出部の最大出力電圧値をA1とし、Y軸検出部の出力値が零の位置から90度回転した点のX軸検出部の出力電圧値をA2とし、さらに磁気センサの検出範囲を90度毎に4ブロックに分割し、かつ、前記出力電圧値A2が、+側である場合、-側である場合、また微少である場合に分類し、各場合に対応して、第1の補正式、第2の補正式、あるいは、補正なしを選択し、補正パラメータ $Z = A1 / [A1 - ABS(A2)]$ として、前記第1の補正式は、X軸検出部の実測出力電圧がA3の場合にて、 $[ABS(A3) - ABS(A2)] \times Z$ として、X軸検出部の補正後の出力電圧とし、第2の補正式は、 $[ABS(A3) + ABS(A2)] \times (1/Z)$ として、X軸検出部の補正後の出力電圧とし磁気センサの直交度補正を行う地磁気検出装置である。

【0008】また、本発明は、前記地磁気検出装置にお

いて、Y軸検出部の最大出力値をB1とし、X軸検出部の出力値が零の位置から90度回転した点のY軸検出部の出力値をB2とし、さらに、磁気センサの検出範囲を90度毎に4ブロックに分割し、X軸検出部の出力値が零の位置から90度回転した点のY軸検出部の出力値が、+側である場合、-側である場合、また、微少である場合に分類し、各場合に応じて、第3の補正式、第4の補正式、あるいは、補正なしを選択し、補正パラメータ $Z' = B1 / [B1 - ABS(B2)]$ として、前記第3の補正式は、Y軸検出部の実測出力電圧がB3の場合、 $[ABS(B3) - ABS(B2)] \times Z'$ としてY軸検出部の補正後の出力電圧とし、第4の補正式は、 $[ABS(B3) - ABS(B2)] \times (1/Z')$ として演算処理してY軸検出部の補正後の出力電圧として磁気センサの直交度補正を行う地磁気検出装置である。

【0009】また、本発明は、前記地磁気検出装置において、アナログデータあるいはデジタルデータを送るためのインターフェースを含んだ伝送経路を持つ地磁気検出装置である。

【0010】また、本発明は、前記地磁気検出装置の演算処理手段において、磁気センサの検出感度差を補正するために感度補正演算を用い、磁気センサの感度差をなくす処理を加えた地磁気検出装置である。

【0011】また、本発明は、前記地磁気検出装置の演算処理手段において、磁気センサの検出オフセットを補正するためにオフセット補正演算を用い、磁気センサのオフセットをなくす処理を加えた地磁気検出装置である。

【0012】

【発明の実施の形態】本発明の実施の形態について説明する。

【0013】図1は、本発明の実施の形態による補正方法の全体を示す図である。10は磁気センサ、11はX軸検出部、12はX軸アナログ信号処理部、13はY軸検出部、14はY軸アナログ信号処理部、15はアナログ信号からデジタル信号に変換するAD変換部、16はオフセット演算部、17は感度演算部、18は直交度補正演算部、19は方位角度演算部、20は補正演算部であり、21は演算出力部を示す。

【0014】図2は、Y軸検出部を基準としている図である。図2(a)は、X軸検出部の巻線24、Y軸検出部の巻線23が直交度90度より小さい場合を示す。22はセンサ巻枠、25は直交度のずれが90度より小さいずれ角度を示す。

【0015】図2(b)は、X軸検出部の巻線24、Y軸検出部の巻線23が直交度90度より大きい場合を示し、26は直交度のずれが90度より大きいずれ角度を示す。

【0016】図3は、オフセットの説明図である。31はオフセットがないときのY軸検出部の出力電圧、32

はオフセットがあるときのY軸検出部の出力電圧、33はオフセットがないときのX軸検出部の出力電圧、34はオフセットがあるときのX軸検出部の出力電圧、35はオフセットがないときの円、36はオフセットがあるときの円、37はy方向のオフセット出力電圧成分 Δy 、38はx方向のオフセット出力電圧成分 Δx 、39はy成分の出力電圧最大値 y_1 、40はy成分の出力電圧最小値 y_2 、41はx成分の出力電圧最大値 x_1 、42はx成分の出力電圧最小値 x_2 、43はオフセットがないときの円の中心を示す。

【0017】図1で、磁気センサ10はX軸検出部11とY軸検出部13にて構成されており、それぞれ地磁気を二軸直交成分に分けて検出する。この信号は、X軸アナログ信号処理部12、およびY軸アナログ信号処理部14によって、アナログ信号に処理される。前記X軸アナログ信号処理部12、Y軸アナログ信号処理部14で適切に処理されたアナログ信号は、AD変換部15でデジタルデータに変換される。AD変換部15でデジタルデータに変換された二軸直交成分は、オフセット演算部16で磁気センサ10の周辺の磁気的なオフセットを演算補正する。

【0018】図3で、オフセット、オフセット演算部及び感度演算部について説明する。35は磁気センサの周辺の磁気的なオフセットが無い状態、36は磁気センサの周辺に磁気的なオフセットが存在する状態を示している。実際に計測出来る磁気センサの各成分は、オフセットがある時の円36の状態から39、40、41、42の各成分の出力電圧値である。

【0019】下記の式を用いてオフセット演算のためのパラメータを求める。

$$X(\text{オフセット}) = -[(X_1 + X_2) / 2]$$

$$Y(\text{オフセット}) = -[(Y_1 + Y_2) / 2]$$

【0020】下記の式を用いて感度演算のためのパラメータを求める。X軸検出部の感度にY軸検出部の感度を合わせる場合について示す。

$$X(\text{感度}) = 1$$

$$Y(\text{感度}) = [X_1 + X(\text{オフセット})] / [Y_1 + Y(\text{オフセット})]$$

【0021】下記の式を用いてオフセット演算と感度演算をおこなう。

$$X(\text{補正}) = X_n \times X(\text{感度}) + X(\text{オフセット})$$

$$Y(\text{補正}) = Y_n \times Y(\text{感度}) + Y(\text{オフセット})$$

X_n 及び Y_n は、X軸検出部11及びY軸検出部13で検出した信号をX軸アナログ信号処理部12及びY軸アナログ信号処理部14を経てAD変換部15で変換した値である。

【0022】図2で、直交度演算部について説明する。図2(a)は、Y軸検出部の巻線23とX軸検出部の巻線24の角度が90度より小さい場合を示し、図2

(b)は、前記Y軸検出部の巻線23とX軸検出部の巻

線24の角度が、90度より大きい場合を示している。
X軸検出部11及びY軸検出部13で検出した地磁気を
基に方位角を求める場合、Y軸検出部の巻線23とX軸
検出部の巻線24の角度が90度で直交している場合
は、表1のパターン1のような検出状態となるが、Y軸
検出部の巻線23とX軸検出部の巻線24の角度が90

度より小さい場合は、パターン2のような検出状態とな
る。また、Y軸検出部の巻線23とX軸検出部の巻線2
4の角度が90度より大きい場合は、パターン3のよう
な検出状態となる。

【0023】

【表1】

	パターン1		パターン2		パターン3	
角度(度)	11	13	11	13	11	13
0	+	0	+	0	+	0
90	0	+	-微少	+	+微少	+
90を越え180以内	-	+	-	+	-	+
180	-	+	-	+	-	+
180を越え270以内	-	-	-	-	-	-
270	0	-	+微少	-	-微少	-
	+	-	+	-	+	-

【0024】表1の中でパターン2について、座標を9
0度ごとのブロック(0ブロック、90ブロック、18
0ブロック、及び270ブロック)に分割し、Y軸検出
部を基準にしてX軸検出部に固定したパラメータを用い
て演算する。これを表2に示す。

【0025】

(表2)

ブロック	X軸検出部	Y軸検出部
0	+	+
	+	+
	-	+

90	-	+
	-	-
180	-	-
	-	-
270	+	-
	+	-

としてY軸検出部の出力値が零の位置から90度回転し
た点のX軸検出部の出力値とすると、補正パラメータZ
は、 $Z = A1 / [A1 - ABS(A2)]$ となる。ここ
で、ABSは絶対値を示す。

【0027】補正可否の判定は、A2が微少である場合
は、補正不要とする。A2が+側である場合は、補正式
1を使用する。A2が-側である場合は、補正式2を使
用する。表2に対応した補正式の選択一覧表を表3に示
す。ここで、A5は、補正式1を用いた場合のX軸検出
部の補正後の出力電圧であり、A6は、補正式2を用い
た場合のX軸検出部の補正後の出力電圧である。

【0028】

【表3】

【0026】A1としてX軸検出部の最大出力値、A2

	A 3	A 4	A 5	A 6
ブロック	X軸検出部	Y軸検出部	補正式1	補正式2
0	+	+	$A5-B1 \times Z$	$A5-B2 \times 1/Z$
	+	+		
90	-	+	$A5-B2 \times 1/Z$	$A5-B1 \times Z$
	-	+		
180	-	-	$A5-B1 \times Z$	$A5-B2 \times 1/Z$
	-	-		
270	+	-	$A5-B2 \times 1/Z$	$A5-B1 \times Z$
	+	-		

$$B1 = ABS(A3) - ABS(A2)$$

$$B2 = ABS(A3) + ABS(A2)$$

【0029】前記表3を用いて補正演算を行った結果を 20 【0030】
表4に示す。

【表4】

発生角度	検出		補正後	検出角度	補正後角度
度	A3[mV]	A4[mV]	A5[mV]	度	度
0	3062	3	3062	0	0
80	591	3019	542	78.93	78.82
85	328	3053	272	83.90	84.90
90	59	3085	0	88.90	90.00
95	-208	3051	-262	93.90	94.91
100	-471	3018	-520	98.88	99.78
260	-597	-3006	-548	258.77	259.67
265	-334	-3041	-280	263.73	264.74
270	-69	-3052	-10	268.70	270.19
275	118	-3039	263	273.74	274.76
280	465	-3004	514	278.80	279.71

【0031】表4での結果確認は、90度及び270度の場合とした。90度の場合は、補正式2を使用し、270度の場合は、補正式1を使用した。

【0032】表4に示すように、オフセット及び感度補正については、X軸検出部の出力電圧の補正前をA3、補

正後をA5に示す。結果として、オフセットが減少し、感度が補正されている。

【0033】表4にて、直交度補正については、発生角度を基準にして、補正前が検出角度、補正後が補正後角度に示す。結果として、直交度が補正され、補正後の角

度は誤差が減少している。

【0034】本実施の形態では、Y軸検出部を基準としてX軸検出部実測出力電圧を補正する例であるが、同様に、X軸検出部を基準としてY軸検出部実測出力電圧を補正することができる。又、磁気センサの検出部がX軸検出部とY軸検出部及びZ軸検出部の3軸の場合にも同様の補正方法を適用できる。

【0035】なお、今まで説明した補正式の根拠は、以下のごとくである。

【0036】Y軸検出部の出力値が零の位置から90度回転した点のX軸検出部の出力電圧値A2が零以上で、角度θが0度より大きく90度より小さい場合で、補正

$$A5 \div A1 \cos(\theta - \Delta\theta) - A1 \sin(\theta - \Delta\theta) \sin\theta \\ = A3 - A2 \sin(\theta - \Delta\theta)$$

【0039】

【数2】

$$\sin(\theta - \Delta\theta) \div 1$$

【0040】

【数3】

$$A5 \div A3 - A2$$

【0041】また、θ=0度で、A5=A1とならなければならないため、

$$A5 = A1 \times [(A3 - A2) / (A1 - A2)]$$

と規格化する。

【0042】ここで、補正パラメータをZとおき、 $Z = A1 / [A1 - ABS(A2)]$

$$\frac{A1}{A1 + A2} = A1 \times \frac{1}{\frac{A2}{1 + A1}} \div A1 \times [1 - (A2) / (A1)]$$

【0046】

$$A5 = A1 \times \frac{A3 + ABS(A2)}{A1 + ABS(A2)} \div [A1 - ABS(A2)] (A3 + A2)$$

【0047】ここで、補正パラメータZを使用すると、 $A5 = (A3 + A2) \times 1 / Z$ となる。

【0048】Y軸検出部の出力値が零の位置から90度回転した点のX軸検出部の出力値A2が零以上で、角度θが90度より大きく180度より小さい場合で、θが約90度で数3の式より、 $A5 = A3 - A2$ となる。

【0049】θ=180度で、 $A5 = -A1$ とならなければならないため、数4より、

$$A5 = -A1 \times [(A3 - A2) / (A1 + A2)]$$

となる。

【0050】ここで、先の補正パラメータZを使用すると、

$$A5 = -(A3 - A2) \times Z$$

となる。

【0051】Y軸検出部の出力値が零の位置から90度回転した点のX軸検出部の出力値A2が零より小さく、

前 $A3 = A1 \cos(\theta - \Delta\theta)$ とし、 $\Delta\theta$ は誤差角度とした場合、補正後、A5の値が、 $A5 = A1 \cos\theta$ 、および、 $A2 = A1 \sin\theta$ となることが補正の目的である。

【0037】ここで、 $(\Delta\theta/\theta) \ll 1$ であれば、 $A5 = A1 \cos\theta = A1 \cos[(\theta - \Delta\theta) + \Delta\theta] = A1 \cos(\theta - \Delta\theta) \cos\Delta\theta - A1 \sin(\theta - \Delta\theta) \sin\theta$

($\Delta\theta'$) 以上を無視すると、数1となり、θが約90度であれば、数2となるから、数1は数3となる。

【0038】

【数1】

とすると、

$$A5 = (A3 - A2) \times Z$$

となる。

【0043】以下、他の象限について示す

【0044】Y軸検出部の出力値が零の位置から90度回転した点のX軸検出部の出力電圧値A2が零より小さく、角度θが0度より大きく90度より小さい場合で、 $(A2/A1) \ll 1$ であれば、数4であるため、数5

【0045】

【数4】

30 【数5】

角度θが90度より大きく180度より小さい場合で、 $A5 = -A1 \times [(A3 - A2) / (A1 + A2)]$ となる。

【0052】

【発明の効果】以上、本発明によれば、機械的な補正に頼ることなく、演算処理のみで精度の高い方位の検出および補正を、短時間で、再現性良く実現する地磁気検出装置を提供できるものである。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施の形態による補正方法の全体図。

【図2】直交2軸の磁気センサの検出部（巻線）の直交度の説明図、図2(a)は、直交2軸の磁気センサの検出部（巻線）が直交度90度より小さい場合を示す図、図2(b)は、直交2軸の磁気センサの検出部（巻線）が直交度90度より大きい場合を示す図。

【図3】オフセットの説明図。

【符号の説明】

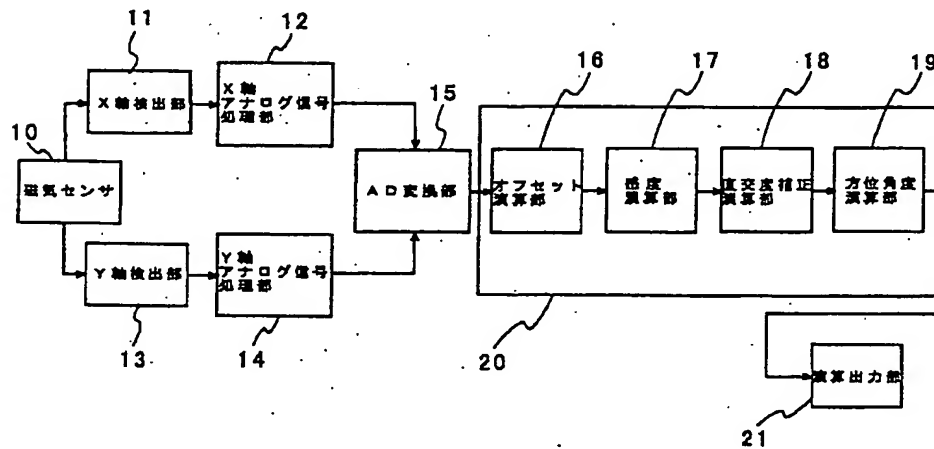
11

12

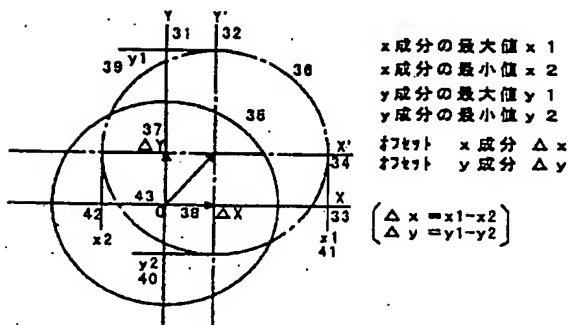
- 10 磁気センサ
 11 X軸検出部
 12 X軸アナログ信号処理部
 13 Y軸検出部
 14 Y軸アナログ信号処理部
 15 AD変換部
 16 オフセット演算部
 17 感度演算部
 18 直交度補正演算部
 19 方位角度演算部
 20 補正演算部
 21 演算出力部
 22 センサ巻棒
 23 Y軸検出部の巻線
 24 X軸検出部の巻線
 25 (直交度のずれが90度より小さいずれ角度)
 26 (直交度のずれが90度より大きいずれ角度)

- 31 (オフセットがないときのY軸検出部の出力電圧)
 32 (オフセットがあるときのY軸検出部の出力電圧)
 33 (オフセットがないときのX軸検出部の出力電圧)
 34 (オフセットがあるときのX軸検出部の出力電圧)
 35 オフセットがないときの円
 36 オフセットがあるときの円
 37 y方向のオフセット出力電圧成分 Δy
 38 x方向のオフセット出力電圧成分 Δx
 39 y成分の出力電圧最大値 y_1
 40 y成分の出力電圧最小値 y_2
 41 x成分の出力電圧最大値 x_1
 42 x成分の出力電圧最小値 x_2
 43 オフセットがないときの円の中心

【図1】

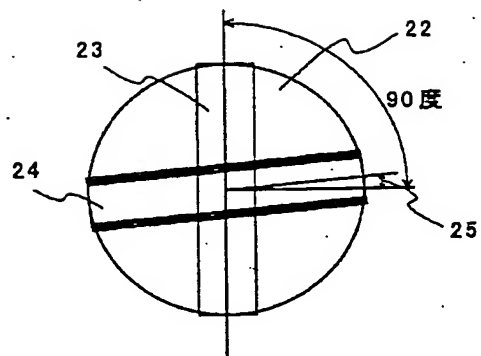


【図3】



【図2】

(a)



(b)

